

Е.Б. Васильев, канд. эконом. наук, заместитель генерального директора;
В.Н. Гордиенко, д-р техн. наук, главный научный сотрудник;
М.В. Шолуденко, канд. техн. наук, заместитель заведующего отделением – заведующий отделом;
И.В. Хвоцевская, заместитель заведующего отделом;
 ОАО «ВНИИКП»

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В статье представлены технические и эксплуатационные параметры кабелей, используемые для прокладки вдоль линий железных дорог, описаны конструкции кабелей для сигнализации и блокировки.

Представлены статистические данные по объемам потребления кабелей и проводов на объектах РЖД, по объемам их производства на заводах Ассоциации «Электрокабель», а также по областям их применения.

Ключевые слова: кабели для сигнализации и блокировки; железная дорога; контактная сеть; контактный провод; тяговая подстанция.

Abstract. The article presents the technical and performance parameters of cables used for installation along railroads; signal and blocking cable designs are described.

Statistical estimates of cable and wire consumption at the RZD (Russian Railways) facilities, of their production volumes at the Electro-cable Association companies and of their application areas are presented.

Key words: signal and blocking cables; railroad; contact system; contact wire; railway substation.

Материал поступил в редакцию 28.11.2019
 Шолуденко М.В. E-mail: casi4@vniikp.ru

Не так далеки те времена, когда железнодорожный транспорт называли «железка». Слово отчасти иронично, но в целом определяло то, что на этом виде транспорта для его работы применялись материалы, изделия и оборудование из чугуна и «железа». Ни о каком электротехническом, электронном, оптическом оборудовании даже и не помышляли.

Сегодня железнодорожный транспорт – это сложный электротехнический и энергетический организм, требующий и потребляющий огромное количество кабелей и проводов, предназначенных для работы силовых установок, электромеханических устройств, светотехнического оборудования, оборудования связи и систем автоматики и телеметрии.

Увеличение объемов перевозимых грузов и повышение интенсивности движения поездов по основным железнодорожным магистралям привело к появлению электрифицированных железных дорог. В отличие от первых электрифицированных железных дорог современные магистрали являются сложными с инженерной точки зрения инфраструктурными объектами и выполняют целый ряд важных для населения и экономики государства задач.

Своим появлением первый в истории электровоз обязан известному немецкому изобретателю и бизнесмену Вернеру Сименсу. Этот образец впервые был представлен на выставке достижений промышленности и науки в Берлине 31 мая 1879 г. Специально для демонстрации возможностей электровоза была построена электрифицированная железная дорога с контактной сетью. Длина этого экспериментального пути составляла немногим более 300 м. Аппарат, который был продемонстрирован общественности, по современным меркам едва ли можно отнести к локомотивам. Скорее, это была его модель. Транспортное средство весило всего лишь 250 кг, имело мощность в три лошадиные силы и могло развить скорость не более 7 км/ч. Для подачи напряжения использовался дополнительный рельс. Подвижной состав состоял из трёх вагонов. Всего в них могли разместиться не более 18 человек.

В России электрификация железных дорог началась после 1921 года. Уже в 1921 году утверждается стратегический план электрификации всех территорий страны. По этому плану контактная сеть электрифицированных железных дорог должна была протянуться над важнейшими магистралями, которые соединяли крупные промышленные

регионы и города. В 1926 году вводится в эксплуатацию 20-километровый участок дороги с контактной электрической сетью. Он соединил столицу Азербайджанской ССР с нефтяными промыслами Сураханы. На данном участке использовался постоянный ток напряжением 1200 В. В 1929 году состоялся торжественный пуск первой электрички Москва—Мытищи. Эти события фактически ознаменовали начало новой эры в истории развития и индустриализации нашей страны.

Спустя несколько десятилетий на смену постоянному приходит переменный ток. 19 декабря 1955 г. вводится в эксплуатацию участок железной дороги Михайлов—Ожерелье. Его длина составляет 85 км. Локомотивы на этом участке питались переменным током промышленной частоты (50 Гц) напряжением 22 000 В. Спустя год контактные линии были продлены до станции Павелец 1. Таким образом, общая длина данного пути составила около 140 км.

Железная дорога Российской Федерации – огромный организм. Она разбита на 17 отдельных управлений. По последним данным, суммарная длина эксплуатируемых железных дорог достигает 86 тыс. км. При этом протяжённость электрифицированных железных дорог составляет чуть более половины от этого значения (51 %). На долю электрифицированных железных дорог России приходится более 80 % всего грузо- и пассажиропотока. Это вполне понятно. Ведь электрифицируются в первую очередь высоконагруженные транспортные магистрали. Более того, электрификация дорог с небольшим трафиком является экономически нецелесообразной. Суммарная длина электрифицированных участков железной дороги в нашей стране составляет приблизительно 43 тыс. км. При этом 18 тыс. км питаются постоянным током. Соответственно остальные 25 тыс. км работают на переменном токе.

Электрифицированные железные дороги имеют ряд преимуществ по сравнению с неэлектрифицированными. Во-первых, количество вредных выбросов гораздо меньше, нежели от тепловозов. Во-вторых, коэффициент полезного действия локомотива на электротяге значительно больше. Таким образом, снижается себестоимость перевозки грузов. Помимо этого, электрифицированные железные дороги решают проблему обеспечения электроэнергией промышленных предприятий и населённых пунктов, которые располагаются вдоль железнодорожной магистрали и недалеко от неё.

Важные функции для железных дорог выполняют тяговые подстанции. Тяговая подстанция – это понижающий трансформатор. Если локомотив работает на постоянном токе, то подстанция выполняет функцию выпрямителя. Для сетей электрифицированных железных дорог на переменном токе необходимо оборудовать тяговые подстанции на расстоянии от 50 до 80 км на протяжении всего участка пути. Переход на постоянный ток требует возведения подстанций каждые 15–20 км (на особо загруженных магистралях).

В метро применяется особый тип тяговых подстанций. Устройства подобного типа не преобразуют переменный ток в постоянный, а лишь понижают напряжение постоянного тока.

Контактная сеть является весьма сложным инженерным сооружением. Она включает в себя множество элементов: непосредственно сам провод, трос (несущий),

опоры электропередачи, жёсткие и гибкие перекладины. В соответствии с назначением электрифицированных железных дорог используют воздушные контактные подвески. К подвеске предъявляются весьма жёсткие требования. Если она не будет им соответствовать, то съём тока будет происходить прерывисто, что не позволит локомотиву работать в нормальном режиме и может привести к возникновению аварийной ситуации. Строго регламентируются высота и сила натяжения провода, максимально допустимая кривизна, величина пролетов и т.д. В нашей стране локомотивы одновременно функционируют как на постоянном, так и на переменном токе. Это, разумеется, несколько затрудняет электроснабжение электрифицированных железных дорог. Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки.

По сравнению с контактной сетью на переменном токе, контактная сеть на постоянном токе имеет целый ряд преимуществ. Среди них особенно следует отметить возможность использовать её для локомотивов со сравнительно простой конструкцией и небольшой массой. Кроме того, в подобных системах отсутствует влияние поданного на контактную сеть напряжения. Самым главным преимуществом является более высокий уровень безопасности при эксплуатации по сравнению с системами на переменном токе.

Главным недостатком систем электроснабжения железных дорог на постоянном токе является их дороговизна. Ведь для их постройки необходима более сложная и дорогая подвеска. Медный тяговый провод имеет значительно большее сечение, что также существенно удорожает общую стоимость проекта. Еще одним недостатком является незначительное по сравнению с контактными сетями на переменном токе расстояние между тяговыми подстанциями. В среднем оно составляет от 15 (на участках с максимальной интенсивностью движения составов) до 20 км. Кроме всего прочего, постоянные токи вызывают возникновение так называемых блуждающих токов, которые приводят к возникновению и стремительному коррозионному разрушению стальных сооружений и опор.

К тяговым подстанциям подводится напряжение:

- по воздушным линиям – 110, 220 кВ;
- под землёй – 10, 35 кВ;
- в метро – 10, 20 кВ.

К контактному проводу подводится напряжение:

- на постоянном токе – 3,0 кВ;
- на переменном токе – 27,5 кВ.

Чтобы обеспечить надёжную и безопасную работу железнодорожного транспорта и инфраструктур, способствующих его работе, сегодня широко применяются следующие типы кабелей и проводов:

- кабели и провода для подвижного состава (силовые, контрольные, монтажные, обмоточные и телекоммуникационные, все типы в пожаробезопасном исполнении);
- кабели для сигнализации и блокировки;
- силовые кабели постоянного и переменного тока на напряжение 1, 10, 20 и 35 кВ;
- контрольные кабели;
- неизолированные контактные провода;
- оптические кабели;

- оптические кабели – датчики;
- кабели связи.

Одними из важнейших кабельных изделий, применяемых на железных дорогах, являются кабели для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, так называемые кабели для сигнализации и блокировки.

Эти кабели имеют различные конструкции в зависимости от требований потребителя и условий эксплуатации. Многообразие конструкций кабелей для сигнализации и блокировки можно отобразить следующей схемой:

По типу скрутки элементов:

- групповой скрутки из одиночных жил с числом жил от 3 до 61;
- парной скрутки с числом пар от 1 до 37.

Диаметры и сечения токопроводящих жил:

- однопроволочные – 0,8; 0,9; 1,0; 1,2 мм;
- многопроволочные – 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 мм².

По материалу изоляции токопроводящих жил:

- полиэтилен;
- полимерные композиции, не содержащие галогенов.

По типу материала, который обеспечивает влагонепроницаемость сердечника:

- гидрофобный наполнитель;
- водоблокирующий материал.

По типу экрана:

- алюминиевая или алюмополимерная лента;
- алюминиевая оболочка;
- повив из алюминиевых или медных проволок.

По типу брони:

- броня из стальных оцинкованных лент;
- броня из стальных оцинкованных проволок.

По материалу наружной оболочки и защитного шланга:

- светостабилизированный полиэтилен;
- поливинилхлоридный пластикат.
- полимерная композиция, не содержащая галогенов.

По исполнению в части показателей пожарной безопасности:

- не распространяющие горения при одиночной прокладке;
- не распространяющие горения при групповой прокладке;
- не распространяющие горения при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением;

- не распространяющие горения при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении.

Для прокладки вдоль линий железных дорог с тепловозной тягой используют неэкранированные кабели или кабели с экраном из алюминиевых или алюмополимерных лент (рис. 1).

Изолированные сплошным полиэтиленом токопроводящие жилы скручены в пары, которые совместно с нитями из водоблокирующих (ВБ) материалов скручены в сердечник. Поверх сердечника последовательно наложены поясная изоляция, контактная проволока, экран и оболочка. По величине сопротивления изоляции между контрольной жилой и экраном осуществляют непрерывный мониторинг целостности оболочки кабеля в процессе эксплуатации.

Для прокладки вдоль линий железных дорог с электротягой переменного тока используют кабели с экраном и броней, которые обеспечивают повышенную защищенность цепей кабеля от внешних электромагнитных влияний. В качестве экрана в кабелях применяют алюминиевую оболочку или повив из медных или алюминиевых проволок. Конструкция кабелей с ВБ материалами, экраном в виде повива из алюминиевых проволок и броней из стальных оцинкованных



Рис. 1. Кабели для сигнализации и блокировки с водоблокирующими материалами

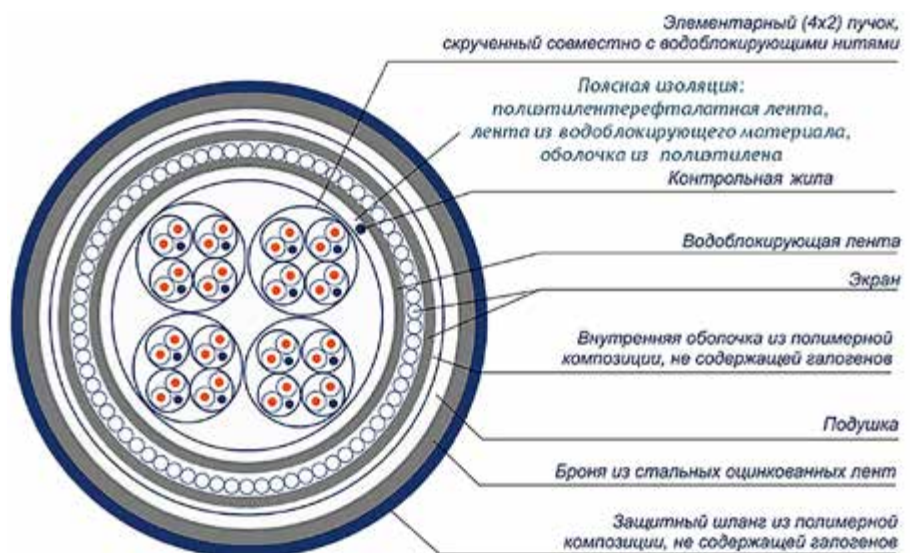


Рис. 2. Кабели для сигнализации и блокировки с повышенной защищенностью от внешних электромагнитных влияний

Требования к электрическим параметрам кабелей для сигнализации и блокировки

№	Наименование параметра	Однопроволочная жила, мм				Многопроволочная жила сечением, мм ²			
		0,8	0,9	1,0	1,2	1,0	1,5	2,5	4,0
1	Электрическое сопротивление, токопроводящей жилы, Ом/км, не более	36,6	28,8	23,3	15,85	19,9	13,0	7,5	4,7
2	Электрическое сопротивление изоляции, МОм/км, не менее: – токопроводящей жилы с изоляцией из полиэтилена; – токопроводящей жилы с изоляцией из полимерной композиции, не содержащей галогенов; – контрольной жилы.	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
		12	12	12	12	12	12	12	12
		5	5	5	5	5	5	5	5
3	Рабочая ёмкость, нФ/км, не более: – кабелей в пластмассовой оболочке; – кабелей с алюминиевой оболочкой	100	100	100	100	100	100	100	100
		—	70	70	70	70	70	70	70
4	Коэффициент затухания пар кабелей парной скрутки, дБ/км, на частоте 0,8 кГц, не более	1,18	1,04	0,94	0,70	0,75	0,60	0,45	0,35
5	Переходное затухание на ближнем конце дБ/300м, не менее: – для 100 % значений; – для 90 % значений	—	68	68	—	68	68	68	68
		—	72	72	—	72	72	72	72
6	Коэффициент защитного действия металлопокровов кабелей при продольной ЭДС 30В/км, не более F = 0,05 кГц: – в алюминиевой оболочке А; – в усиленной алюминиевой оболочке А _у и броне	—	0,7	0,7	—	0,7	0,7	0,7	0,7
		—	0,1	0,1	—	0,1	0,1	0,1	0,1

лент представлена на рис. 2. В зависимости от области применения идеальный коэффициент защитного действия металлопокровов кабеля выбирают из ряда не более 0,1; 0,4; или 0,7. Поверх сердечника и/или экрана и/или брони кабелей наружной прокладки накладывают наружную оболочку из светостабилизированного полиэтилена.

С целью обеспечения показателей пожарной безопасности поверх сердечника и/или экрана и/или брони кабелей внутренней прокладки накладывают наружную оболочку из поливинилхлоридного пластиката или полимерной композиции, не содержащей галогенов.

Электрические параметры кабелей для сигнализации и блокировки указаны в таблице.

Для цепей технологической связи и устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на сети железных дорог России применяются комбинированные кабели с оптическими волокнами и медными жилами.

Они используются в волоконно-оптических системах передачи по оптическим волокнам, в цифровых и аналоговых системах передачи в диапазоне частот до 400 кГц по парам высокочастотных четвёрок, в элек-

трических установках устройств СЦБ при номинальном напряжении 380 В переменного тока частотой 50 Гц или 700 В постоянного тока по вспомогательным парам, в том числе, скрученным в четвёрки.

На участках железных дорог с тепловозной тягой применяются кабели с экраном из алюмополиэтиленовой ленты, на участках с электротягой переменного и постоянного тока – кабели с алюминиевой оболочкой.

Сердечник комбинированного кабеля имеет модульную конструкцию, (рис. 3), которая позволяет выпускать кабели по запросам заказчика с различным количеством составляющих его элементов (оптических элементов, высокочастотных четвёрок, вспомогательных пар и четвёрок).

Оптический элемент представляет собой сердечник, скрученный из оптических модулей разного цвета и корделей-заполнителей из полиэтилена вокруг силового элемента из стеклопластика в общей оболочке из полиэтилена. Внутримодульное и межмодульное пространство заполнено гидрофобным наполнителем. Оптические волокна одномодовые стандартные в соответствии с требованиями МСЭ-T G652.

Высокочастотные четвёрки скручены из четырёх изолированных токопроводящих медных жил с трёхслойной плёно-пористой изоляцией разного цвета вокруг корделя из ВБ материала. Вспомогательные четвёрки скручены из четырёх изолированных токопроводящих медных жил со сплошной полиэтиленовой изоляцией разного цвета вокруг корделя из ВБ материала. Вспомогательные отдельные пары скручены из двух изолированных медных жил со сплошной полиэтиленовой изоляцией разного цвета и обмотаны по спирали лентой из ВБ материала.

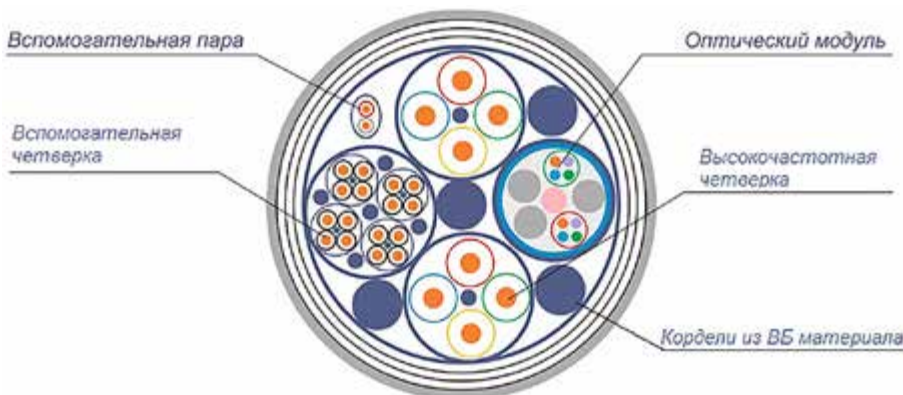


Рис. 3. Кабели комбинированные с оптическими волокнами и медными жилами для технологической связи и устройств СЦБ (сигнализация, централизация и блокировка) железных дорог

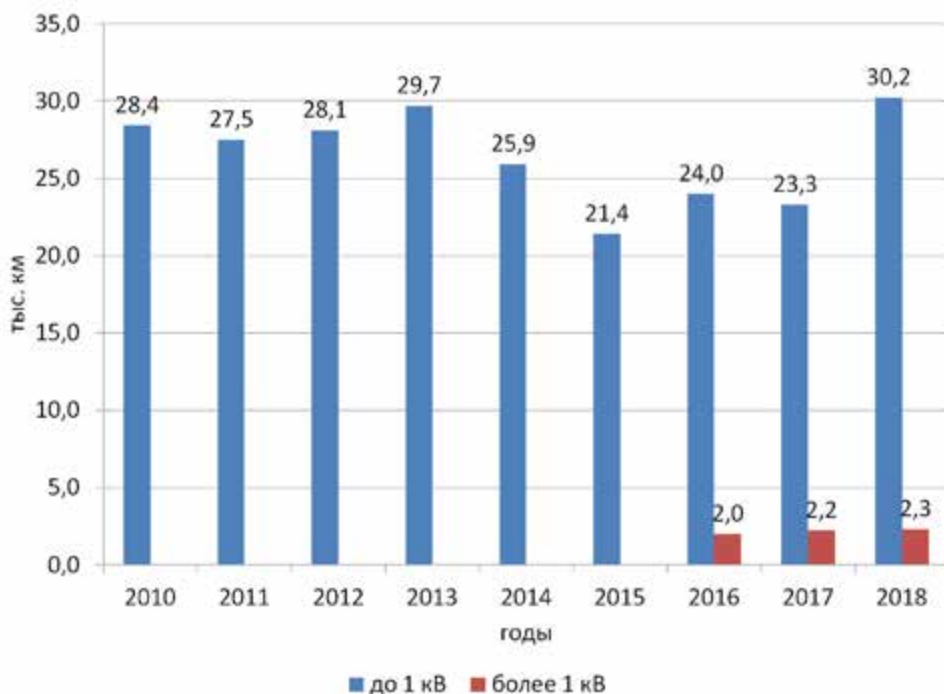


Рис. 4. Динамика и объёмы производства кабелей для подвижного состава с 2010 по 2018 годы в России

Поверх сердечника, скрученного из вышеуказанных элементов, последовательно наложены поясная изоляция, экран и защитные покровы.

Применение в конструкции кабелей корделей и лент из ВВ материала обеспечивает влагонепроницаемость кабелей, что позволило отказаться от содержания кабелей под избыточным воздушным давлением. Это значительно сокращает первоначальную стоимость строительно-монтажных работ за счёт исключения компрессорно-сигнальных устройств и эксплуатационные расходы по обеспечению их работоспособности.

Для контроля целостности защитных покровов и отсутствия воды в сердечнике в конструкцию кабеля введена контрольная жила.

Оптические и электрические параметры комбинированных кабелей:

А. Коэффициент затухания оптических волокон:

- на длине волны 1310 нм – не более 0,36 дБ/км;
- на длине волны 1550 нм – не более 0,22 дБ/км.

Б. Электрическое сопротивление токопроводящих жил:

- для жил высокочастотных четвёрок – не более 21,2 Ом/км;
- для жил вспомогательных пар (четвёрок) – не более 55 Ом/км.

В. Электрическое сопротивление изоляции:

- для жил высокочастотных четвёрок и вспомогательных пар – не менее 10 000 МОм·км.

Г. Рабочая ёмкость:

- для рабочих пар четвёрок – не более 32 нФ/км;
- для вспомогательных пар – не более 70 нФ/км.

Применение комбинированного кабеля позволяет снизить затраты на строительство и реконструкцию кабельной линии на 16–20 % по сравнению с использованием трёх разных типов кабелей: волоконно-оптического кабеля, магистрального высокочастотного кабеля и кабеля для сигнализации и блокировки. Объёмы и динамика производства кабелей для подвижного состава в странах СНГ в период с 2010 по 2018 годы представлены на рис. 4.

Объём и динамика производства кабелей для сигнализации и блокировки в странах СНГ в период с 2008 по 2018 годы

показаны на рис. 5.

Необходимо отметить расширение объёма производства и потребления новых типов влагонепроницаемых кабелей для сигнализации и блокировки с повышенной защищённостью от внешних электромагнитных влияний для железных дорог с электротягой переменного тока, а также пожаробезопасных кабелей исполнения нг(А)-HF для прокладки в подземных сооружениях метрополитена.

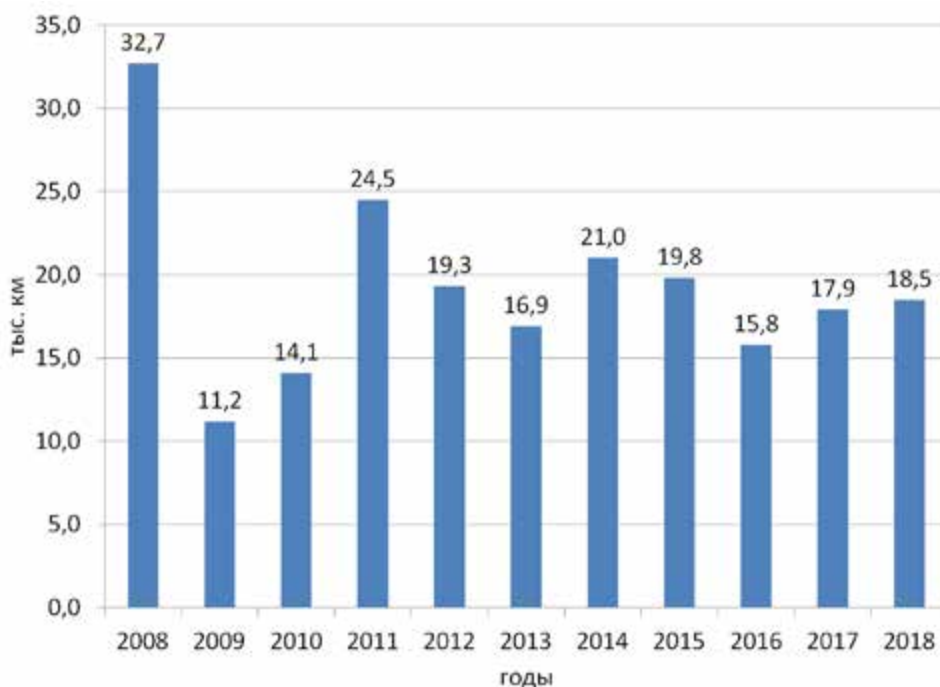


Рис. 5. Объёмы и динамика производства кабелей для сигнализации и блокировки в странах СНГ в период с 2008 по 2018 годы



ВЫВОДЫ И ТЕНДЕНЦИИ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» способствует увеличению количества выпущенных пожаробезопасных кабелей.

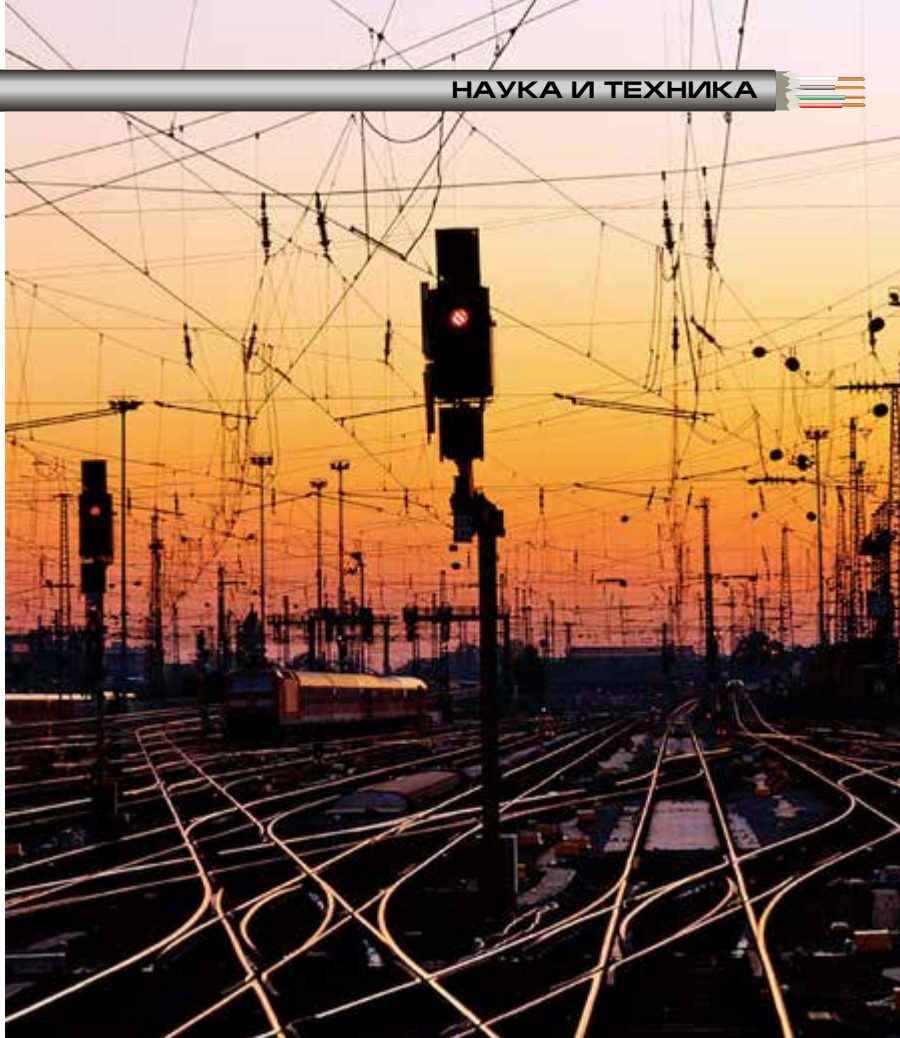
2. Важным качеством становится влагонепроницаемость. Идёт конкуренция между гидрофобными наполнителями и водоблокирующими материалами, применяемыми в конструкции кабелей.

3. Появилась тенденция производства комбинированных кабелей для связи и автоматики.

4. В целях обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта стали появляться проекты с укладкой оптических кабелей-датчиков в полотно дорог.

5. Наблюдается расширение объёма производства, потребления и номенклатуры кабелей для сигнализации и блокировки в связи с постоянным строительством и модернизацией железных дорог в России.

6. В связи с расширением строительства скоростных железных дорог важнейшим становится требование повышения стойкости кабеля к воздействию внешних электромагнитных влияний, а также применение высокочастотного уплотнения цепей кабеля (до 25 кГц).



САМАРСКАЯ КАБЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ

SAMARA CABLE COMPANY

На правах рекламы

Предлагаем Вам широкую номенклатуру производимой кабельно-проводниковой продукции:

- силовые и контрольные кабели, в том числе не распространяющие горение, огнестойкие, для районов с холодным климатом, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов, низкотоксичные;
- кабели для сигнализации и блокировки, в том числе с многопроволочными токопроводящими жилами, с водоблокирующими материалами, в оболочке из полимерной композиции, не содержащей галогенов;
- кабели магистральной зонной и местной связи;
- огнестойкие кабели для противопожарных систем и систем оповещения с изоляцией из кремнийорганической резины;
- провода самонесущие изолированные и защищённые для воздушных линий электропередачи, в том числе не распространяющие горение;
- городские телефонные кабели, в том числе в пожаробезопасном исполнении;
- кабели телефонные для цифровых сетей;
- автомобильные провода.

Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ ISO 9001-2015, IATF 16949:2016 (для потребителей автопроводов), ГОСТ РВ 0015-002-2012 (для потребителей продукции специального назначения). Система экологического менеджмента сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 14001-2016.

АО «Самарская Кабельная Компания»
443022, г. Самара, ул. Кабельная, 9
Тел./факс (846) 279 12 10, 276 98 99
E-mail: sales@samaracable.ru
www.samaracable.ru